



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**PLANEAMENTO CIRURGICO 3D EM CIRURGIA ORAL E
MAXILOFACIAL**

Trabalho submetido por
Bernardo Monteiro David e Silva
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Outubro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**PLANEAMENTO CIRURGICO 3D EM CIRURGIA ORAL E
MAXILOFACIAL**

Trabalho submetido por

Bernardo Monteiro David e Silva

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof. Doutor Francisco João Salvado e Silva

e coorientado por

Mestre João Carvalho Gomes

Outubro 2020

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por agradecer ao meu orientador, o Prof. Doutor Francisco João Salvado e Silva, por ter aceite o tema proposto bem como pela ajuda e acompanhamento ao longo da realização desta dissertação.

Agradeço também ao meu co-orientador, o Mestre João Carvalho Gomes, pela sua ajuda e partilha de conhecimento, bem como a disponibilidade demonstrada ao longo deste percurso.

Agradecer à instituição Egas Moniz e todos que dela fazem parte pela oportunidade de poder aprender e ter um futuro na área que me entusiasma.

Agradeço aos meus pais, por me oferecerem a possibilidade de seguir o meu caminho no mundo da medicina dentária, o seu constante apoio e por serem um pilar durante este meu percurso académico. Uma palavra especial ao meu pai, que apesar de já não se encontrar cá, obrigado pelos valores transmitidos e espero que estejas orgulhoso do que consegui alcançar.

Agradeço a todos os amigos que me ajudaram ao longo deste longo desafio, que partilharam horas de trabalho comigo, facilitando o caminho e tornando os anos académicos os melhores anos da vida. Uma palavra em especial ao André, pelos últimos dois anos de clínica, o teu apoio e companheirismo serão sempre apreciados.

Ao João e ao João, amigos de longa data, obrigado pelo apoio demonstrado durante tempos atribulados, sei que sempre poderei contar com a vossa amizade.

RESUMO

A cirurgia oral e maxilofacial estão em constante crescimento e desenvolvimento, para cada vez mais, apresentarem resultados mais eficazes e menos traumáticos para os doentes. Sendo procedimentos de risco que envolvem um estudo minucioso do crânio e de todas as estruturas faciais, o desenvolvimento tecnológico tem vindo a criar uma alternativa viável que vem simplificar todo este procedimento.

Cada doente tem a sua estrutura facial específica, tornando assim cada caso único e inovador. Isto leva à inevitabilidade da realização de uma anamnese e uma recolha de toda a informação pertinente para que se possa realizar um diagnóstico e plano de tratamento mais integralizado possível. Devido à complexidade do tratamento a realizar, é importante que o médico dentista e o cirurgião maxilofacial estejam o melhor preparados possível para trabalharem em conjunto durante o planeamento pré e pós operatório, de maneira a fornecer ao doente o máximo de apoio e informação para que todo o procedimento seja realizado de maneira mais correta e eficaz.

Devido à sua complexidade, o sucesso deste tipo de cirurgias está dependente de vários fatores, principalmente o seu estudo prévio, a precisão dos movimentos esqueléticos, o diagnóstico da deformidade óssea e do planeamento dos movimentos pós cirúrgicos. Métodos convencionais de estudo tais como cefalometria bidimensional (2D), modelos de estudo e radiografias panorâmicas, revelaram-se por vezes insuficientes visto não conseguirem reproduzir os complexos movimentos e estruturas tridimensionais envolventes nos mesmos.

Nesta revisão será descrito o planeamento cirúrgico, através de métodos tridimensionais para cirurgia oral e maxilofacial, no âmbito da implantologia. A avaliação da sua precisão, da sua fiabilidade e da sua eficácia traduzem-se assim numa maior taxa de sucesso.

Palavras chave: Planeamento, 3D, cirurgia, maxilofacial

ABSTRACT

Oral and maxillofacial surgery are in constant development and growth to deliver each time a more efficient, less traumatizing treatment with better results for the patient. Being high risk procedures, it is very important that a very thorough study of the cranium and all facial structures adjacent to the procedure is conducted. Technological upgrades have created a viable alternative that have come to simplify the entire process.

As each patient has his own facial structure, therefore every case is unique and challenging in a different way. It is very important to have a very detailed medical history and to gather as much information as possible of the patient so a complete diagnosis and treatment plan can be achieved. Having this in consideration it is important that the maxillofacial surgeon and the dentist work as a team during the whole pre and post operation planning, assuring that way a better procedure to the patient as well as always being available to provide concise and important information.

Due to the high complexity of this kind of surgeries, there are many factors that can disrupt the procedure, enhancing the importance of a proper plan. A well thought plan having in mind the skeletal movements, a correct diagnostic of the bone and dental deformity, and the post operation recuperation, requires careful study. Current conventional methods of study such as bidimensional cefalometrics and panoramic radiographics may provide insufficient information to cover all the complex three-dimensional movements and structures affected by this kind of procedures.

This literature review aims to describe the surgical planning using 3D dimensional methods (3D) as well as an evaluation on their effectiveness, its precision and its success rate.

Key words: 3D, *planning*, *maxillofacial*, *surgery*

ÍNDICE

I. Introdução	13
II. Desenvolvimento	17
1. Fundamentos principais da cirurgia oral e maxilofacial	17
1.1. Objetivos cirúrgicos.....	17
1.2. Relação entre tratamento ortodôntico e as cirurgias orais e maxilofaciais	18
2. Planeamento cirúrgico convencional	20
3. Planeamento cirúrgico Virtual.....	22
3.1. Metodologia do planeamento cirúrgico virtual.....	22
3.2. A imagem radiográfica no planeamento	23
3.3. Análise cefalométrica	25
3.4. Registo oclusal virtual	28
3.5. Diagnóstico	29
3.6. Planeamento cirúrgico virtual.....	30
3.7. Osteotomia virtual	31
3.7.1. Técnicas de osteotomia	32
3.7.1.1. Osteotomia maxilar <i>Le Fort</i>.....	32
3.7.1.2. Osteotomia sagital do ramo da mandíbula	33
3.7.1.3. Mentoplastia.....	34
3.8. Simulação das mudanças nos tecidos moles	36
3.9. Guias cirúrgicas	39
3.10. Navegação intraoperatória	40
3.11. Avaliação pós - operatória	42
4. Avaliação da eficácia cirúrgica após planeamento virtual	43
5. Vantagens e desvantagens do planeamento cirúrgico virtual 3D	45
6. Planeamento virtual em implantologia.....	47
III. Conclusão.....	51

IV.	Bibliografia.....	53
------------	--------------------------	-----------

Índice de Figuras

Figura 1- Medições cefalométricas usadas para avaliar proporções faciais sagitais e verticais usando os pontos cefalométricos G(glabela), PG (pogonion), Me (mento), Sn (sub-nasal) (Adaptado de Rosen, 2017).	18
Figura 2- Gráfico representativo dos passos necessários para o planeamento virtual 3D de uma cirurgia maxilofacial (Adaptado de Cevitanes & Tucker et al, 2010).	23
Figura 3- Ilustração sistemática de um scan CBCT com medidas ideais para ser aplicado em cirurgia maxilofacial. Medidas de 24 cm x 24 cm (Adaptado de Swennen & Mollemans & Schustyser, 2009).	24
Figura 4- Crânio virtual é alinhado de acordo com os planos sagitais, coronais e axiais para posterior análise cefalométrica (Adaptado de Edwards,2010).	25
Figura 5- Marcações dos pontos oclusais após scan digital (Adaptado de Liu & Li & Zhang & Li & Xie & Zhang, 2016).	29
Figura 6- Planeamento de cortes cirúrgicos no plano sagital utilizando o software Dolphin imaging 11.9 (Adaptado de Elnagar & Aronovich et al,2019).	32
Figura 7- Visão lateral da mandíbula demonstrando a via cirúrgica utilizando a técnica de <i>Le Fort</i> (linha a tracejado) (Adaptado de Bendrihem & Vacher et al, 2017).	33
Figura 8- Ilustração que demonstra o processo de osteotomia sagital do ramo mandibular, desde a realização dos cortes à posterior fixação após reposicionamento da mandíbula (Adaptado de Liu & Sidell et al, 2018).	34
Figura 9- A marcação das marcas de referencia (1)- Incisão na mucosa; (2) Identificação do nervo mentoniano; (3) Ponto de referencia para assistir o começo da osteotomia (Adaptado de Ferretti & Reyneke, 2016).	36
Figura 10- Representação de osteotomia horizontal, com objetivo de avanço do queixo (Adaptado de Ferretti & Reyneke, 2016).	36

Figura 11- Guias cirúrgicas intermédias e finais 3D. (Maxilim, versão 2.2,2 Medicim NV, Mechelen, Belgium) (Adaptado de Swennen & Mollemans et al,2009). 40

Figura 12- Planeamento virtual de um implante, demonstrando os vários cortes e scan 3D do doente (Adaptado de D'haese & Ackhurst et al, 2016). 48

Índice de tabelas

Tabela 1- Passo a passo da rendição dos tecidos moles e duros para a obtenção de um modelo de estudo 3D (Adaptado de (Swennen & Schuyster, 2006).	27
---	----

Índice de Siglas

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ATM	Articulação têmporo-mandibular
CBCT	<i>Cone beam computerized tomography</i> (Tomografia computadorizada em feixe de cone)
CAD-CAM	<i>Computer aided design – Computer aided manufacturing</i> (Desenho assistido por computador- Fabrico assistida por computador)
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i> (Comunicação e imagens digitais em medicina)
FEM	<i>Finite element models</i> (Modelos de elementos finitos)
mm	milímetros
MSCT	<i>Multi slide computed tomography</i> (Tomografia computadorizada em slides múltiplos)
MSM	<i>Mass-spring models</i> (Modelo <i>mass-spring</i>)
MTM	<i>Mass tensor model</i> (Modelo <i>mass-tensor</i>)
N	Nasion
RC	Relação centrica
TAC	Tomografia axial computadorizada
S	Sela Turca

I. Introdução

A estrutura craniana tem diversos atributos importantes tanto estéticos como funcionais. Alterações cirúrgicas totais ou parciais tanto na mandíbula como na maxila podem levar a uma diminuição dessas funções, causando um forte impacto na qualidade da vida do doente (Smithers & Cheng & Jayaram & Mukherjee & Clark, 2018).

A cirurgia oral e maxilofacial tem como objetivo fulcral restituir o bem-estar da vida do doente, a fim de melhorar a sua estética facial, bem como a oclusão e hábitos funcionais. Esta procura vai levar ao desenvolvimento de técnicas que permitam realizar tais cirurgias de maneira mais eficaz e o menos traumáticas possível (Shafi & Ayoub & Ju & Khambay, 2013).

Tradicionalmente este tipo de cirurgias são efetuadas através de diagnósticos e planos de tratamento realizados no estudo conjunto de modelos de gesso e de análise cefalométrica. Os modelos complementam a análise pois permitem uma observação tridimensional das estruturas do doente. O relacionamento de todos os elementos de diagnóstico vão permitir um melhor planeamento cirúrgico. Este tem como base as alterações a serem efetuadas às bases esqueléticas, tais alterações implicam um estudo detalhado das novas posições dentárias e os métodos para as alcançar. Após a determinação dessas posições, guias cirúrgicas são fabricadas com base nesses parâmetros. Estas guias permitem uma base para o médico poder realizar a operação, pois servem para o orientar no processo de reposicionamento oclusal e de correlacionar todos os planos presentes nesta cirurgia (Hammoudeh & Howell & Boustros & Scott & Urata, 2015).

Como complemento destes estudos prévios nos modelos de gesso, também são utilizadas análises cefalométricas com base em radiografias frontais e de perfil do doente. Apesar destes métodos serem eficientes e cumprirem com o desejado, têm como limitações o facto de serem exames bidimensionais e estáticos, podendo comprometer o resultado final. Também apresentam limitações na precisão de certas medidas, principalmente em doentes com assimetrias faciais (Moreira & Da Silva, 2013).

A simulação cirúrgica 3D pré-operatória tem sido uma das novas técnicas desenvolvidas para a realização de cirurgias orais e maxilofaciais complexas. Com a ajuda de programas digitais é possível melhorar a eficácia e a precisão de tais procedimentos no tratamento de deformações dento-faciais. Este processo permite uma melhor previsão da operação, tanto a nível ósseo como de tecidos moles, sendo possível um melhor estudo do caso e também permite fornecer uma previsão do resultado final mais fiável ao doente (Farrell & Franco & Tucker, 2014).

A expansão da visualização de todo o planeamento para 3D muito se deve à introdução da TAC e posteriormente da tomografia computadorizada em feixe de cone (CBCT) no plano da cirurgia oral e maxilofacial. Desde o início do novo milénio, o CBCT tornou-se numa importante base do planeamento devido à sua capacidade de captar em 3D toda a anatomia necessária, com um detalhe muito superior às radiográficas convencionais onde se fazem os estudos cefalométricos. A prevalência do CBCT tem estado tanto em foco que segundo um estudo de Whitesides & Aslam-Pervez & Warburton, (2015) cerca de 83% de estudantes em cursos de cirurgia oral e maxilofacial entram em contacto com CBCT, sendo que 44% indicou que esse contacto se realizou desde 2010. Isto demonstra o impacto mais recente que o CBCT tem vindo a ter na formação médica.

Após a captura de imagem através do CBCT, esta é carregada para o software onde se realiza o planeamento. É possível acrescentar nova informação digital ao software posteriormente, principalmente dos tecidos moles, para complementar e melhorar a simulação. Esta nova captura é realizada através da utilização de estereoscopia e recentemente ultrassons. Estas técnicas são mais eficazes na captura e reprodução de tecidos moles. Um planeamento o mais completo possível irá traduzir-se num estudo mais completo e por fim uma cirurgia mais simples e eficaz. Em seguida à captura, os ficheiros são carregados para programas tais como o Simplant (Materialize, Leuven, Belgium) ou Dolphin 3D (*Dolphin Imaging and Management Solutions*, Chatsworth, CA, USA), softwares que também são utilizados na realização de cirurgias orais, principalmente na colocação de implantes. Estes softwares permitem que o cirurgião simule a cirurgia. Nestes programas é possível detetar possíveis deformidades faciais, tanto por assimetria ou por trauma, realizar medições, planear as osteotomias necessárias, medir volumes, para prever a quantidade de material de substituição óssea é necessária, bem como

oferecer a liberdade ao próprio cirurgião de planejar o procedimento cirúrgico como lhe for mais favorável. Por fim, o planeamento computadorizado também permite possíveis ajustes na ATM, corrigindo assim possíveis problemas de oclusão que o doente possa apresentar. (Stokbro & Aagaard & Turkov & Bell & Thygesen, 2014).

Com a utilização do planeamento 3D como base, podem ser criadas guias cirúrgicas, guias posicionais e planos de navegação intraoperatórios que permitem ao cirurgião realizar a operação com segurança e com base no estudo prévio realizado. Estas guias são designadas especificamente para cada caso, sendo fabricadas através de sistemas CAD-CAM, e sendo impressas em impressoras 3D com as indicações que foram delimitadas no planeamento. Por fim, uma análise pós-operatória é necessária para ser feita uma avaliação da eficácia do planeamento e das guias, bem como o resultado cirúrgico e as suas possíveis complicações (Lin & Lo, 2015).

Apesar de ser uma prática cada vez mais comum e sem dúvida o futuro no âmbito da cirurgia oral e maxilofacial, o planeamento cirúrgico 3D ainda pode ser melhorado para obter resultados mais precisos. Representa um avanço relativamente aos métodos mais antigos, mas ainda não se tornou infalível e existe uma margem de erro que terá de ser corrigida para que no futuro seja utilizado em todas as cirurgias. Existe também uma curva de aprendizagem para a utilização destes novos programas e métodos, no entanto, estes vêm a simplificar a vida do cirurgião (Lonc & Lo, 2016).

O objetivo proposto com este trabalho é rever a literatura existente até à data e descrever o procedimento do planeamento cirúrgico 3D em diversas cirurgias orais e maxilofaciais.

Para a realização deste trabalho foi feita inicialmente uma pesquisa através de uma revisão bibliográfica de artigos científicos usando bases de dados online como *Cochrane*, *ScienceDirect*, *PubMed*, *B-on* e *MedLine*, como as palavras-chave referentes ao tema proposto, “*Oral Surgery*”, “*Orthognathic Surgery*”, “*Oral and Maxilofacial Surgery*”, “*3D planning of a maxilofacial surgery*”, “*Planning e Computer Aided Planning*”, com ou sem combinação dos vários termos, usando bibliografia compreendida entre 2000-2020. Após a leitura dos títulos, foram rejeitados artigos que não estavam relacionados com planeamento virtual e que foram publicadas há mais de 20 anos. Seguidamente foi

realizada uma nova leitura para incluir a literatura científica o mais recente possível com o intuito de se obter a informação o mais atual.

II. Desenvolvimento

1. Fundamentos principais da cirurgia oral e maxilofacial

Através da cirurgia oral e maxilofacial pretende-se alcançar aspetos funcionais e estéticos de uma classe I molar e proporções faciais que cumpram os requisitos harmoniosos. Uma série de obstáculos que devem de ser tidos em consideração, bem como as perspetivas do doente, tornam necessário a realização de um planeamento cuidado e bem executado. O desenvolvimento de novas técnicas cirúrgicas menos traumáticas, mais biocompatíveis, e uma melhor compreensão dos processos de regeneração óssea e respostas dos tecidos moles, fazem com que cada vez mais estes procedimentos cirúrgicos sejam mais fáceis, seguros e eficazes de se realizar (Naran & Steinbacher & Taylor, 2018).

1.1. Objetivos cirúrgicos

Ao longo dos anos, as definições de estética e funcionalidade foram mudando, bem como os resultados obtidos através das cirurgias orais e maxilofaciais. A introdução de placas e parafusos fixos e substitutos ósseos tornaram-se na base dos procedimentos nos últimos 25 anos, com o objetivo de alcançar um resultado mais estético possível. É importante uma atenção especial às observações físicas e extra orais do doente para alcançar o resultado mais estético possível. Vários fatores estão presentes aquando a realização destas cirurgias, baseando-se nas funções que são inerentes ao ser humano. A função estética, mastigatória, fala, deglutição, apneia de sono e controlo de stress (bruxismo) têm de ser levadas em consideração na determinação dos objetivos cirúrgicos. Historicamente para alcançar esses resultados eram utilizadas medições antropométricas e cefalométricas. As medidas cefalométricas, utilizando pontos tais como o *pogonion*, a glabella, o subnasal (figura 1) e o mento, permitiam identificar proporções faciais, e as relações entre a base do crânio e os maxilares. (Rosen, 2017).

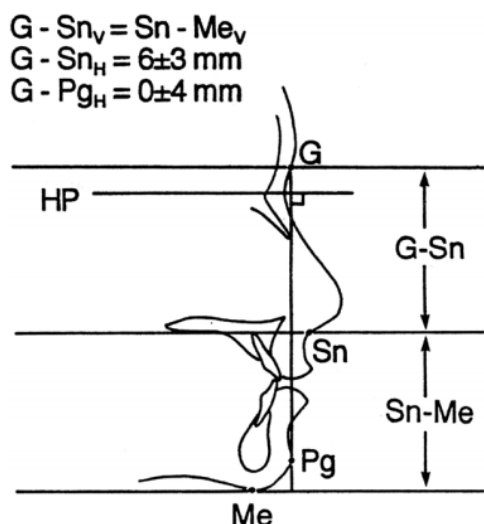


Figura 1- Medições cefalométricas usadas para avaliar proporções faciais sagitais e verticais usando os pontos cefalométricos G (glabella), PG (pogonion), Me (mento), Sn (sub-nasal) (Adaptado de Rosen, 2017).

1.2. Relação entre tratamento ortodôntico e as cirurgias orais e maxilofaciais

A cirurgia oral e maxilofacial, devido à sua complexidade, está em constante comunicação com as outras áreas da medicina dentária, sendo uma das principais a ortodontia. O tratamento ortodôntico consegue por vezes corrigir alguns casos evitando a necessidade de tratamento cirúrgico, apesar de em casos mais severos, apenas servir como suporte. Ambas as equipas trabalham em conjunto para alcançar o objetivo de corrigir os possíveis problemas do doente. Os planeamentos podem ser divididos em 2 grupos: primeiro, onde a cirurgia é realizada durante o tratamento ortodôntico; segundo onde a cirurgia é realizada pré tratamento ortodôntico (Naran & Steinbacher *et al*, 2018).

As cirurgias bimaxilares são por norma utilizadas para corrigir uma variedade de discrepâncias existentes na estrutura facial de um indivíduo. O método tradicional para realizar estes procedimentos sempre foi de primeiro reposicionar a maxila, estabilizando-a e apenas depois reposicionar a mandíbula. Apesar disto, a fixação rígida interna veio permitir uma mudança nesta ideia, podendo a mandíbula ser primeiro reposicionada e fixada e a maxila ser reposicionada posteriormente. Ambos apresentam resultados semelhantes, estando a ordem da sequência a realizar durante a cirurgia dependente da opinião de cada cirurgião. Apesar de ambas técnicas serem utilizadas, Perez & Ellis (2011) referem que em cirurgias de reposicionamento da ATM, fixação interna da mandíbula sem apoio suficiente e enxertos maxilares, a melhor opção cirúrgica será a de

começar por reposicionar a mandíbula primeiro e posteriormente a maxila. A fixação interna, com a utilização de placas de metal e de parafusos, tem de ser assegurada visto ser essencial para o sucesso da operação. Caso tal não seja possível, vias alternativas como modificar a sequência cirúrgica ou diferentes técnicas de osteotomia podem ajudar com a fixação.

Recentemente tem havido um aumento na popularidade em se realizar primeiro a operação, sendo esta seguida de tratamento ortodôntico. A razão principal deve-se à desmineralização das estruturas ósseas que foram operadas e faz com que estas estejam mais recetivas às forças aplicadas durante o tratamento ortodôntico; e por fim, quando comparado com o método tratamento ortodôntico – cirurgia - tratamento ortodôntico, este método apresenta melhores resultados a nível de oclusão. Os autores referem como razão para este facto, a base esquelética do crânio será corrigida desde o início, influenciando possíveis alterações mais estéticas que cada vez mais são importantes para o doente; o tempo de tratamento ortodôntico é reduzido, diminuindo assim também o tempo total de tratamento e ainda o facto de existir mais estabilidade da arcada dentária antes do tratamento, levando a que os modelos usados para o estudo e guias cirúrgicas suportadas em dentes apresentem mais probabilidade de estarem adaptadas que durante o tratamento ortodôntico, onde é espectável que os dentes estejam em movimento (Hernández-Alfaro & Guijarro-Martinez, 2014).

Um dos estudos que sublinham o menor tempo de tratamento é o realizado por Le Yang, Yu-Duong, Yu-Jie, Xi, Jing-Yuan, e Gui (2017) tem como objetivo comparar o sucesso, eficácia e viabilidade de ambas as técnicas. Neste estudo foram avaliados 513 doentes que realizaram cirurgia primeiro, revelando que os doentes beneficiaram de menor tempo total de tratamento bem como resultados semelhantes relativos à estabilidade mandibular e maxilar, movimento e oclusão pós - operatórios. Os autores concluíram que este método apresenta resultados semelhantes pós - operatórios ao nível das estruturas ósseas e faciais, mas diminuindo consideravelmente o tempo de tratamento ortodôntico, oferecendo assim uma alternativa fiável ao método mais convencional.

2. Planeamento cirúrgico convencional

No primeiro encontro com o doente, pretende-se realizar um diagnóstico que vai servir como base para o planeamento a realizar. Iniciando com a história clínica do doente, perceber o motivo da consulta, se apresenta alguma deformação dento-facial ou pretende alterações a níveis estéticos e funcionais, entender as suas perspetivas relativas ao tratamento e ao resultado final. A observação da oclusão, das linhas bipupilares, dos ângulos tanto da mandíbula como da maxila, dos tecidos moles, da exposição dentária e da posição da ATM são fatores importantes que são examinados de maneira detalhada para se alcançar um diagnóstico correto. Isto é comum a ambos os tipos de planeamento, virtual e não virtual, e serve como base de trabalho para a equipa médica para alcançar um resultado estético e funcional (Faber,2010).

No exame objetivo uma análise quantitativa de vários problemas oclusais é realizada, nomeadamente no *overbite*, *overjet* e as relações interdentárias dos caninos e primeiros molares. O processo inicia-se com medições que englobam discrepâncias oclusais, dimensão vertical, desvios da linha média, posição dentária e posição óssea.

Fotografias intra orais e extra orais permitem uma melhor avaliação dos objetivos estéticos e posturais que são pretendidos (Park & Posnick,2013).

Para começar a análise, moldes de gesso são fabricados após a realização de impressões, e posteriormente são montados em articuladores onde se vai estudar a relação da maxila com a estrutura craniana. Uma avaliação anatómica, funcional e intermaxilar também é necessária para complementar o estudo. Este processo requer uma elevada precisão, visto que é a base do estudo a realizar para o desenvolvimento cirúrgico. Para cirurgias mais complexas é necessário o uso de articuladores totalmente ajustáveis (Park & Posnick, 2013).

Através de radiografias cefalométricas, é possível identificar as alterações dento-faciais presentes e a viabilidade da sua correção cirúrgica. O estudo do posicionamento das estruturas anatómicas presentes tem como objetivo perceber que tipo de correção tem de ser realizada, assim como o tipo de movimentos maxilares e mandibulares que terão de ser efetuados para alcançar o resultado pretendido (Park & Posnick, 2013).

Após a decisão dos movimentos a realizar para alcançar a oclusão desejada, são colocadas referências nos modelos de estudo para quantificar os processos de osteotomia necessários para acompanhar os movimentos previamente definidos. Os moldes são separados para simular as osteotomias necessárias, sendo depois remontados no articulador para se definir a posição oclusal final. Com base neste passo, guias cirúrgicas em acrílico são fabricadas para ajudar a obtenção da posição definida como final durante a cirurgia. Por fim, é realizado um último registo de mordida para confirmar quaisquer falhas que possam existir durante o processo de planeamento. Apesar de ser um método fiável, podem existir erros durante os diversos passos a realizar durante o planeamento, podendo assim comprometer a cirurgia e o seu resultado final (Hammoudeh & Howell *et al*, 2015).

3. Planeamento cirúrgico virtual

Devido à complexidade destas cirurgias, um planeamento rigoroso e cuidado é necessário. Cada doente apresenta desafios novos que têm de ser tidos em conta pelo cirurgião e pela sua equipa, sendo cada detalhe requerer atenção para que o resultado obtido seja o mais satisfatório possível. Visto tratar-se de zonas extremamente vascularizadas, com a presença de estruturas ósseas e tecidos moles, é necessário a obtenção de o máximo de informação possível para sequenciar o tratamento. O aparecimento de tecnologia 3D para a realização do planeamento e a utilização do CBCT para obter uma imagem detalhada do doente, veio preencher possíveis lacunas existentes no planeamento destas cirurgias. (Cevitanes & Tucker & Styner & Kim & Chapuis & Reyes & Proffit & Turvey & Jaskolka, 2010).

3.1. Metodologia do planeamento cirúrgico virtual

Para a realização de planeamento virtual existem vários passos que devem ser seguidos para ser possível a recriação da cirurgia (figura 2). O primeiro passo passa pela aquisição das imagens 3D do doente para que estas sejam depois transferidas para o software onde se irá realizar a simulação. Neste processo também se prossegue a um diagnóstico inicial, onde é estabelecido as deformações dento faciais, baseadas nas imagens radiográficas e no exame objetivo e clínico. Nesse software é permitido simular os procedimentos cirúrgicos, havendo uma reconstrução virtual do um modelo do crânio, e procedendo ao planeamento cirúrgico. Após o planeamento, é realizado uma operação virtual no modelo obtido sendo aqui definido a necessidade para guias cirúrgicas, guias posicionais e outros cuidados a ter pré - cirúrgicos. Em seguida faz-se a transição do planeamento para a operação em si, onde é acompanhada a cirurgia usando as guias intra - operatórias desenhadas previamente para ajudar o cirurgião durante a cirurgia. Por fim um acompanhamento pós - operatório é necessário, para a analisar a eficácia do plano cirúrgico, bem como o resultado obtido (Lin & Lo, 2015).

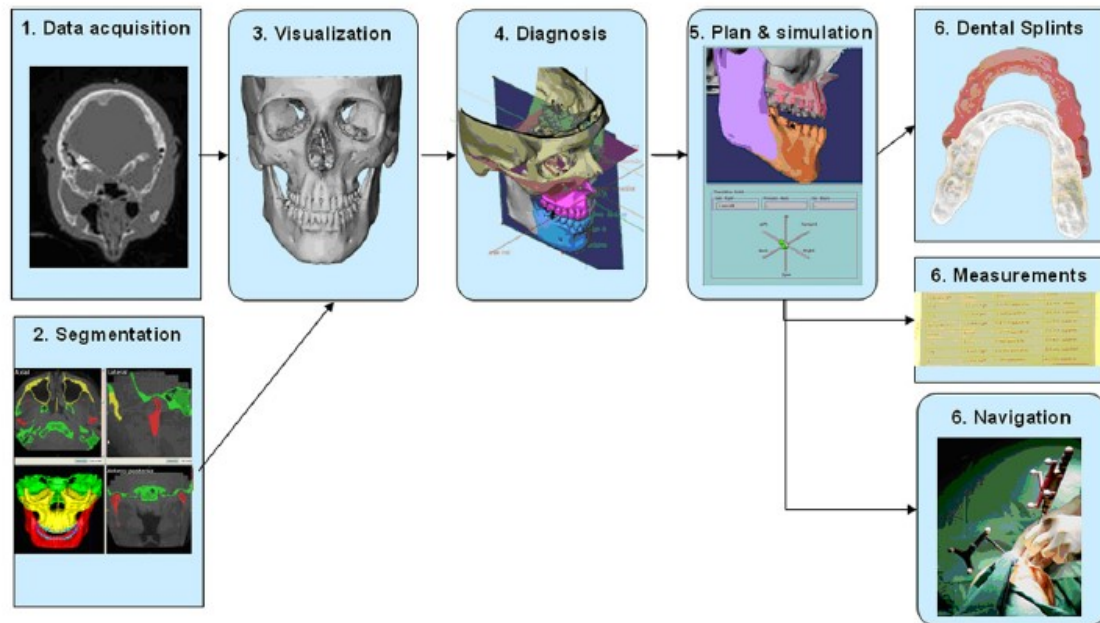


Figura 2 - Gráfico representativo dos passos necessários para o planeamento virtual 3D de uma cirurgia maxilofacial (Adaptado de Cevidanes & Tucker et al, 2010).

3.2. A imagem radiográfica no planeamento

Para a obtenção de dados para a realização do planeamento, é necessário a obtenção de exames radiográficos 3D das estruturas ósseas e de todas as estruturas adjacentes. Com as arcadas na relação escolhida para iniciar (pode ser Rc, posição de referência, posição terapêutica) o estudo e com os tecidos relaxados para simular a sua posição natural, procede-se à captura das imagens. A introdução do CBCT veio refinar todo o procedimento, visto que permite efetuar scans verticais com uma dose baixa de radiação (De Vos & Casselman & Swennem, 2009) bem como obter todas as estruturas faciais, entre peças dentárias, tecido moles e duros.

O CBCT permite uma captura de imagem baseada em raio-X com base de cone centrada num sensor bidimensional. O sensor roda à volta do objeto em questão por 360° produzindo uma série de imagens bidimensionais. O conjunto de todas estas imagens bidimensionais irá ser reconstruído para formar uma imagem 3D, sendo usado um programa especial para efetuar a sua leitura. (De vos & Casselman *et al*, 2009).

O CBCT é uma técnica volumétrica de aquisição de imagem que devido ao seu baixo preço em comparação com MSCT e o potencial de ser utilizado em consultório tem ganho muita fama. Apesar de ser uma inovação, o CBCT ainda tem algumas limitações, apresentando um volume de scan pequeno para detetar todo tipo de deformações ósseas. A imagem do CBCT está dependente do tamanho, da forma e da angulação do raio-x em forma de cone e do tamanho do detetor radiográfico (figura 3). Outro problema apresentado é o tempo que demora a obter a imagem, variando entre 20 a 40 segundos, podendo os doentes não aguentar estarem imóveis durante esse período, levando a uma imagem tremida que impossibilita a sua utilização. Por fim algumas limitações ao nível da resolução e projeção de cores de tecidos moles, tornando-se difícil a sua identificação. No entanto melhorias ao software do CBCT tem sido realizadas, permitindo a reprodução de contatos oclusais, a possibilidade de reproduzir superfícies em 3D, dando lhes um ar mais natural e real através da obtenção da textura e da cor dos tecidos em questão (Swennen & Mollemans & Schustyser, 2009).

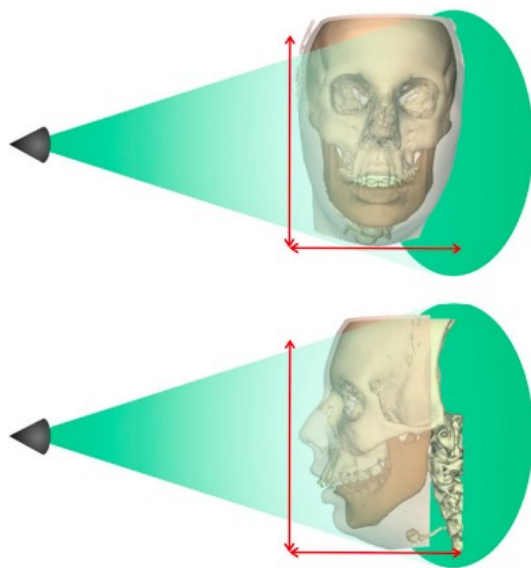


Figura 3 - Ilustração sistemática de um scan CBCT com medidas ideais para ser aplicado em cirurgia maxilofacial. Medidas de 24 cm x 24 cm (Adaptado de Swennen & Mollemans & Schustyser, 2009).

3.3. Análise Cefalométrica

Para corrigir um defeito, primeiro o cirurgião tem que ser capaz de identificar e quantificar todos os diferentes componentes do mesmo. Com a ajuda de imagens tridimensionais é mais fácil identificar tais problemas, visto que muitos softwares apresentam a capacidade de as detetar. Normalmente as imagens obtidas são reconstruídas de maneira sagital, axial e coronal de modo a conseguir-se obter todos os pontos necessários para proceder a um correto diagnóstico. Todos os aspetos esqueléticos do doente são analisados bem como os tecidos moles, que são reproduzidos no contexto da deformidade facial. Os tecidos moles são adicionados posteriormente, após a primeira introdução de informação no programa. Torna-se possível através da modificação da capacidade de receção de volume radiográfico, uma medida que é expressa em unidades *Hounsfield* (Swennen & Schuyster, 2006). Apesar de se poder observar a maior parte das deformidades faciais a partir de qualquer um dos planos, uma análise profunda de todos é necessária. Isto acontece devido à presença de deformidades em qualquer parte da cabeça incluindo as vias aéreas. Cirurgias maxilofaciais podem afetar as vias aéreas do doente, criando ou até corrigindo possíveis perturbações respiratórias (Edwards, 2010).

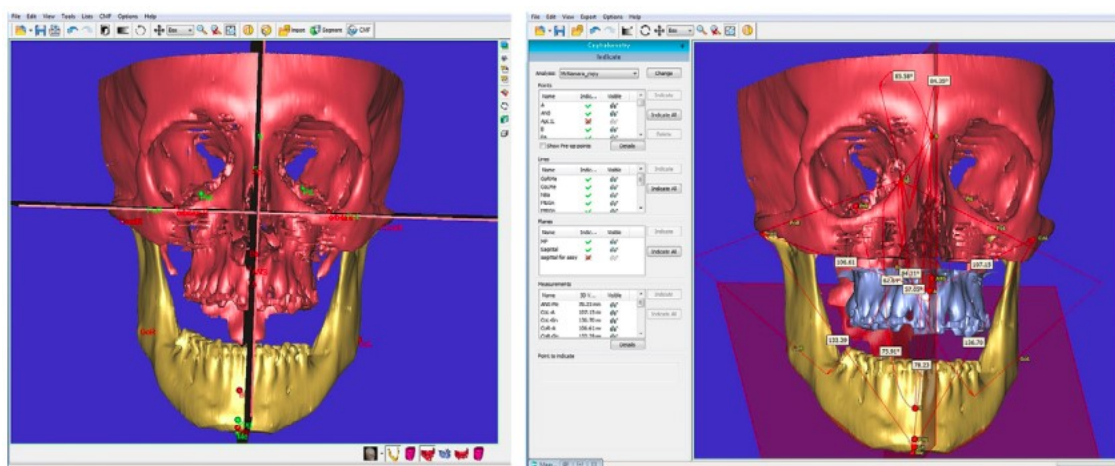


Figura 4 - Crânio virtual alinhado de acordo com os planos sagitais, coronais e axiais para posterior análise cefalométrica (Adaptado de Edwards,2010).

Apesar de ser um processo muito automatizado e dependente dos diferentes softwares presentes no mercado, é essencial que se obtenha uma boa imagem e que seja claro quais os problemas presentes em determinado doente. A junção dos tecidos moles posteriormente às estruturas ósseas, permite uma eficácia muito superior na obtenção de

pontos denominados bases para prosseguir com as simulações. Esses pontos são o *Nasion* (N) e a *Sela* (S). A criação do plano da base craniana anterior (plano de análise cefalométrica que liga os pontos S-N) juntamente com uma boa projeção anatómica cartesiana 3D são um o começo de qualquer plano cirúrgico virtual bem sucedido (Swennen & Schuyster, 2006).

Segundo Swennen & Schuyster, 2006 os passos a efetuar para a obtenção de um modelo de estudo 3D são (Tabela 1):

- A renderização dos ficheiros DICOM para o visualizador 3D (processo automatizado)
- Obtenção do posicionamento virtual do crânio (processo semi-automatizado)
- Junção e interligação dos cefalogramas virtuais laterais e frontais com as representações de tecidos moles e duros (processo automatizado)
- Marcação 3D dos pontos N e S (processo manual)
- Ligação dos pontos N e S e criação do plano da base craniana anterior (processo automático)
- Criação da projeção anatómica cartesiana 3D (processo automatizado)
- Marcação de pontos de tecidos moles e duros (processo manual)
- Definição dos planos cefalométricos 3D (processo automatizado)
- Análise cefalométrica 3D dos tecidos moles e duros (processo automatizado)

Tabela 1 - Passo a passo da renderização dos tecidos moles e duros para a obtenção de um modelo de estudo 3D (Adaptado de (Swennen & Schuyster, 2006)).

Table 1. Step-by-step 3D virtual approach to MS-CT 3D cephalometry of hard and soft tissues

Step 1	Rendering of DICOM data into 3D viewer	Automated
Step 2	Standardized virtual positioning of skull	Semiautomated
Step 3	Computing and linking of virtual lateral and frontal cephalograms to 3D hard- and soft-tissue surface representations	Automated
Step 4	3D definition of nasion (N) and sella (S) landmarks	Manual
Step 5	Setup of 3D anterior cranial base (S-N) plane	Automated
Step 6	Setup of 3D anatomic Cartesian cephalometric reference system	Automated
Step 7	Definition of 3D cephalometric hard- and soft-tissue landmarks	Manual
Step 8	Definition of 3D cephalometric planes	Automated
Step 9	3D cephalometric hard- and soft-tissue analysis	Automated

Um estudo realizado por Wang & Ho & Lin & Lo (2020) definiu uma base de dados de medições cefalométricas importantes no planeamento 3d cirúrgico virtual para doentes com deformações faciais. Apesar do estudo ser realizado apenas em pessoas de etnia chinesa, serve como base para futuros casos onde seja necessário realizar cirurgias maxilofaciais em doentes desta etnia. Este estudo referiu que 51 pontos anatómicos foram marcados de onde se obtiveram medições (59 esqueléticas, 11 dento-alveolares, 15 de tecidos moles) para a análise cefalométrica. Em seguida, foram definidos planos cefalométricos, que em concordância com os pontos anatómicos, obtiveram-se valores denominados de referencia para caraterizar cada proporção facial e alcançando valores que se designam de normais. Uma análise estatística usando o método de *Pearson* foi utilizada para indicar as correlações entre estruturas, obtendo-se a média da população analisada. Conclui-se que apesar da identificação das estruturas anatómicas serem semelhantes em meios digitais 3D e em meios 2D, a identificação dos pontos cefalométricos bem como a sua análise, segue regras delimitadas pelos softwares o que facilitava a execução das medições e a posterior simulação da cirurgia.

Apesar de cada vez mais ser aceite como o método principal de diagnóstico, a análise 3D ainda apresenta alguns erros inerentes ao uso tecnológico. Num estudo recente, Ed-Dhahraouy & Riri & Bourzgui & El Moutaoukkil (2018), foram analisados os pontos anatómicos de 5 doentes que iriam ser submetidos a cirurgia maxilofacial. Em cada

doente foram identificados 21 pontos, que foram previamente marcados manualmente para comparar a eficácia da identificação dos mesmos pontos virtualmente. Os resultados indicam que ainda existe um erro médio de 2,32mm na identificação dos pontos cefalométricos. No estudo ainda refere que o erro para 54% dos casos foi menor que 2mm, 74% dos casos foi menor de 3mm e 90% dos casos foi menor de 4mm. O estudo concluiu assim que apesar dos resultados serem positivos, um conhecimento anatómico e cefalométrico por parte do profissional é importante para evitar possíveis erros básicos. A pequena amostra que foi usada não apresenta resultados significativos para determinar a eficácia geral dos softwares virtuais.

3.4. Registo Oclusal Virtual

O último passo do processo da captura de imagens para começar o diagnóstico e o planeamento cirúrgico é registo oclusal virtual. São necessários registos digitais 3D das arcadas do doente para se obter uma análise precisa do registo oclusal e dos contatos das cúspides. As vantagens de se realizar os modelos em 3D são a facilidade de medição das posições das peças dentárias em 3 planos, podem ser facilmente manipulados; a capacidade de isolar zonas específicas para análise e a simulação de variadas opções de tratamento. Estes modelos podem ser obtidos via digitalização de modelos de gesso previamente efetuados ou através de um scan efetuado diretamente na cavidade oral. Esta tecnologia de scan utiliza raios laser não destrutivos e várias cameras de alta resolução que permitem captar as superfícies necessárias. Os registos de mordida são colocados dentro de uma plataforma fechada, que é rodada e inclinada automaticamente, com o intuito de obtenção de todos os ângulos da geometria do modelo (Elnagar & Aronovich & Kusnoto, 2019).

Após a captura dos registos oclusais, e consoante o software a ser utilizado, a importação é feita com o objetivo de transferir a relação intermaxilar visto a oclusão ser fundamental no resultado final (Figura 5).

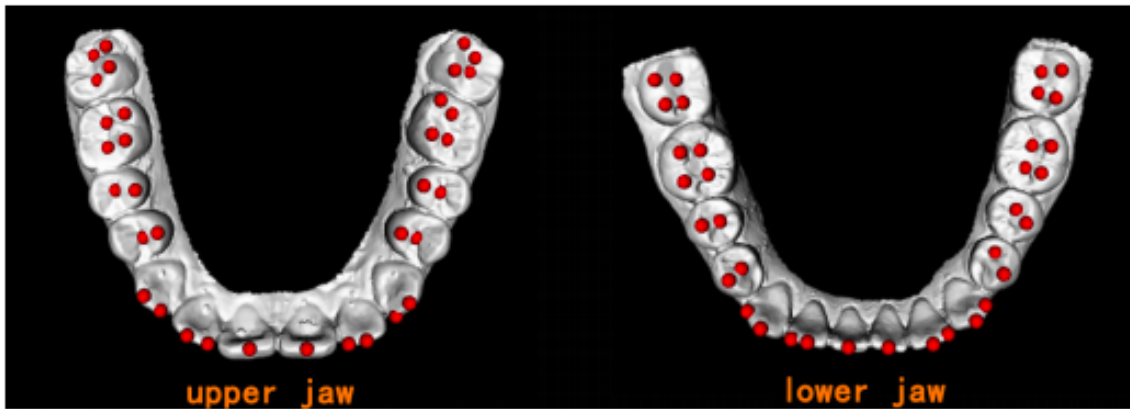


Figura 5 - Marcações dos pontos oclusais após scan digital (Adaptado de Liu & Li & Zhang & Li & Xie & Zhang, 2016).

Em seguida, e com a mandíbula imóvel, a maxila é ajustada para haver um correto alinhamento entre ambas. Durante o ajustamento é possível ver as relações entre as cúspides e os contatos oclusais, bem como os movimentos de cada peça anatômica durante o ajuste. Os softwares também apresentam a capacidade de calcular as forças de mastigação, bem como os vetores entre pontos correspondentes para projetar possíveis desvios sagitais e transversos. Numa oclusão ideal, vetores bilaterais seriam simétricos em direção e em comprimento. Finalmente, e após ambas arcadas estarem quase em oclusão final, é possível corrigir pequenos erros e fazer ajustes finais. O software também apresenta capacidade de determinar possíveis overbites e overjets, bem como movimentos de rotação e lateralidade efetuados pela mandíbula (Liu & Li *et al*, 2016).

3.5. Diagnóstico

Estando o modelo do crânio 3D formado, é possível a realização do diagnóstico. O diagnóstico utilizando um modelo 3D permite uma melhor interpretação por parte do doente sobre o que se irá realizar, podendo assim ficar recetivo ao tratamento (Lin & Lo, 2015).

Uma análise detalhada da morfologia facial é por vezes difícil em doentes com complexas deformidades faciais, mesmo utilizando representação 3D. Doentes com assimetria facial severa são normalmente mais complexos de realizar um bom diagnóstico e planeamento. Para casos mais complexos, Terajima & Nakasima & Aoki & Goto &

Tokumori & Mori & Hoshino (2009) sugerem a comparação entre o crânio digital obtido ao doente com bases de dados existentes para doentes da mesma etnia e sexo. Segundo estes autores, permite um termo de comparação com o que é preceptivo como normal e oferece uma possibilidade de efetuar um diagnóstico mais concreto e acertado. A comparação de medições efetuadas pelo software acerca das referências das estruturas anatómicas, dos pontos cefalométricos e dos contatos oclusais, permitem analisar possíveis discrepâncias que possam induzir a um diagnóstico acertado. Tal como Wang & Ho & Lin & Lo (2020), que criaram uma base de dados para pessoas de etnia chinesa, no seu estudo Terajima & Nakasima *et al* (2009) utilizaram uma base de dados de um estudo prévio (Nakasima & Terajima & Mori & Hoshino & Tokomuri & Aoki, 2005) de indivíduos japoneses de ambos os sexos para poderem diagnosticar as deformidades apresentadas pelos novos doentes.

3.6. Planeamento cirúrgico virtual

A parte do planeamento serve como oportunidade para debater o tipo, a dimensão e a magnitude da correção do defeito, e ainda definir qual o melhor método para o fazer. O plano é elaborado para corrigir a razão da necessidade o defeito identificado no processo do diagnóstico. No entanto isto pode variar dependendo dos métodos necessários para corrigir o mesmo. Pode envolver a reconstituição de tecido perdido, a remoção ou alteração de estruturas anatómicas ou até a combinação de ambos. O objetivo final pode ser funcional ou estético e uma correção estática pode não ser o ideal, tendo o crescimento ósseo ou alterações pós cirúrgicas ter que ser tido em conta (Steinbacher, 2015).

As posições finais da maxila e da mandíbula são definidas após a análise dos scans obtidos. Tudo depende de que tipo de deformação o doente apresenta, se é necessário uma cirurgia bimaxilar ou apenas de uma arcada. Começa-se normalmente pela posição da maxila, para corrigir desvios da linha média, para corrigir uma possível dimensão vertical aumentada ou diminuída e também movimentos de rotação maxilares. Após a fixação da maxila, prossegue-se para a mandíbula, onde irá ser reajustada de acordo com a posição maxilar para alcançar contatos oclusais de Classe I. Por fim define-se a técnica de osteotomia que irá ser realizada, o plano cirúrgico e a simulação das mudanças dos tecidos moles (Badiali & Roncari & Bianchi & Taddei & Marchetti & Schileo, 2015).

Com um bom diagnóstico apresentado, procede-se ao planeamento e à simulação cirúrgica. Nas cirúrgicas maxilofacias deve-se fazer a distinção entre as etapas que envolvem processos corretivos e processos reconstrutivos. Os processos corretivos são designados como procedimentos onde a realização de enxertos extrínsecos não é necessária, e os processos reconstrutivos são designados como procedimentos onde a realização de enxertos é utilizada (Cevitanes & Tucker *et al*, 2010).

Nos processos corretivos é necessário determinar a localização dos cortes cirúrgicos a efetuar, planear os movimentos dos segmentos ósseos relativos uns com os outros e alcançar o realinhamento desejado durante a operação. Em processos reconstrutivos os problemas passam por determinar o implante ou o enxerto desejado e a maneira de o colocar de maneira correta (Cevitanes & Tucker *et al*, 2010).

3.7. Osteotomia Virtual

As osteotomias virtuais têm o objetivo de mimetizar ao máximo as realizadas durante a cirurgia. Devido à complexidade craniana e ao elevado número de estruturas vasculares e nervosas presentes, é necessário um cuidado acrescido quando da realização deste tipo de procedimentos. As técnicas mais comuns de osteotomia em cirurgia maxilofacial são: para a maxila a técnica de *Le Fort* e para a mandíbula a mentoplastia e a osteotomia sagital do ramo da mandíbula (Farrell & Franco *et al*, 2014).

As osteotomias são programadas no software para recriar um rebordo anatomicamente correto. Com o planeamento virtual estas podem ser revistas em 3 planos (sagital, coronal e axial). É levado em conta o número e os planos de corte a realizar, assim como o tamanho e dimensão dos segmentos cortados e a sua capacidade de fixação com placas e parafusos (Shenag & Matros, 2018).

Para se evitar percalços durante a cirurgia, é necessário um planeamento exato dos cortes a efetuar. Uma manipulação do volume e densidade dos tecidos durante a fase de planeamento da osteotomia deve ser executado, para que o software consiga detetar e acompanhar as secções planeadas pelo cirurgião e alertar caso estas possam estar a

comprometer qualquer tipo de estrutura anatómica, nervos, artérias ou tecidos moles (Elnagar & Aronovich *et al*, 2019).

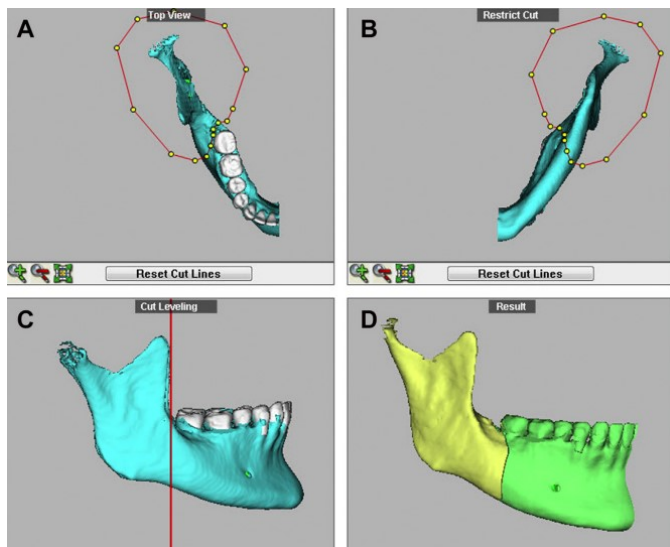


Figura 6 - Planeamento de cortes cirúrgicos no plano sagital utilizando o software Dolphin imaging 11.9 (Adaptado de Elnagar & Aronovich *et al*, 2019).

3.7.1. Técnicas de Osteotomia

3.7.1.1. Osteotomia maxilar *Le Fort*

A técnica de osteotomia maxilar *Le Fort* é utilizada para corrigir deformidades maxilares e craniofaciais. Esta técnica é caracterizada por uma fratura que se estende de forma horizontal da pirâmide nasal até às apófises pterigoides da maxila bilateralmente (Turvey & Fonseca & Marciani, 2009).

No planeamento pré-operatório aquando da utilização desta técnica de osteotomia, é necessário uma análise cuidada do ângulo de inserção e do corte para evitar atingir a artéria maxilar e os seus ramos. Durante este procedimento cirúrgico, uma separação óssea é realizada entre a abertura piriforme e a junção pterigomaxilar para separar o palato da parte média da face e assim reduzir tamanho vertical da face. A incisão tem de passar acima das raízes dentárias dos dentes superiores, abaixo do forâmen infra - orbitário e por baixo da fossa pterigomaxilar. Em caso de uma cirurgia bimaxilar e após a realização desta técnica, é difícil ao cirurgião encontrar a posição correta para fixar o palato no plano horizontal. Com o planeamento virtual da osteotomia, o cirurgião pode definir pontos prévios em marcos anatómicos que o ajudem durante a cirurgia a conseguir o posicionamento do palato (Bendrihem & Vacher & Fohlen & Pelage, 2017).

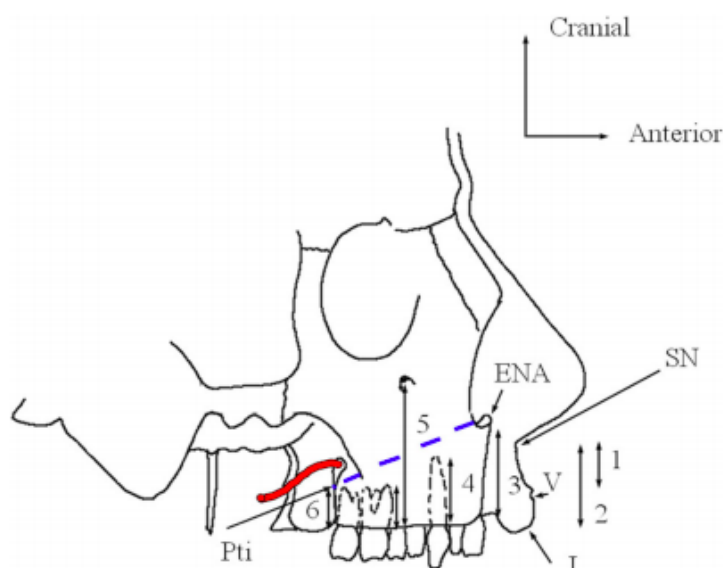


Figura 7 – Visão lateral da mandíbula demonstrando a via cirúrgica utilizando a técnica de *Le Fort* (linha a tracejado) (Adaptado de Bendrihem & Vacher et al, 2017).

Um estudo realizado por Mulier & Shaheen & Shujaat & Fieuws & Jacobs & Politics (2019), onde se pretendia avaliar a eficácia da utilização da técnica de osteotomia *Le Fort* utilizando planeamento 3D virtual. Foram avaliados 55 doentes de ambos os sexos e idades que variavam entre os 15 e os 58 anos que apresentavam maloclusão classe III que foram submetidos a uma cirurgia maxilofacial bimaxilar. O estudo concluiu que os resultados obtidos foram na generalidade foram precisos, apenas nos movimentos de translação superior e inferior houve erros entre os 2 e 4mm. Os autores referem ser um bom indício para o planeamento de osteotomias virtuais especialmente utilizando esta técnica.

3.7.1.2. Osteotomia sagital do ramo da mandíbula

A osteotomia sagital do ramo da mandíbula é utilizada desde os anos 50, tendo sido aperfeiçoada ao longo dos anos, sendo hoje em dia o procedimento cirúrgico mais utilizado em cirurgias maxilofaciais. A preferência dada pelos cirurgiões a esta técnica baseia-se no fato de oferecer uma ampla área de contacto ósseo, permitindo não só uma melhor cicatrização pós operatória como também uma melhor estabilidade e capacidade de fixação. Esta técnica permite tanto o avanço como o recuo mandibular, conseguindo-se através da mesma uma melhor fonética, funcionalidade e capacidade estética para o doente (Santos & Sebastini & Toredó & Moraes & Costa & Rebellato & Muller, 2012).

Para a realização desta técnica de osteotomia são realizados 3 cortes que irão permitir o reposicionamento mandibular, caso seja bilateral ou unilateral. A primeira osteotomia irá ser executada paralela ao plano oclusal, acima da espinha de Spix descendo até ao orifício do canal dentário (Figura 8 – A) . Em seguida, junto ao bordo inferior da mandíbula, prolongando-se para a frente e seguindo para baixo em direção ao bordo da maxila. Por fim, é realizada uma osteotomia horizontal paralela ao bordo inferior da mandíbula. Esta técnica requer um cuidado acrescido visto que é executada na área da localização do canal alveolar, no entanto, através da utilização de planeamento virtual a 3D é possível identificar por onde passa o canal durante a simulação do procedimento, evitando assim possíveis danos ao mesmo (Liu & Sidell & Huon & Torre, 2018).

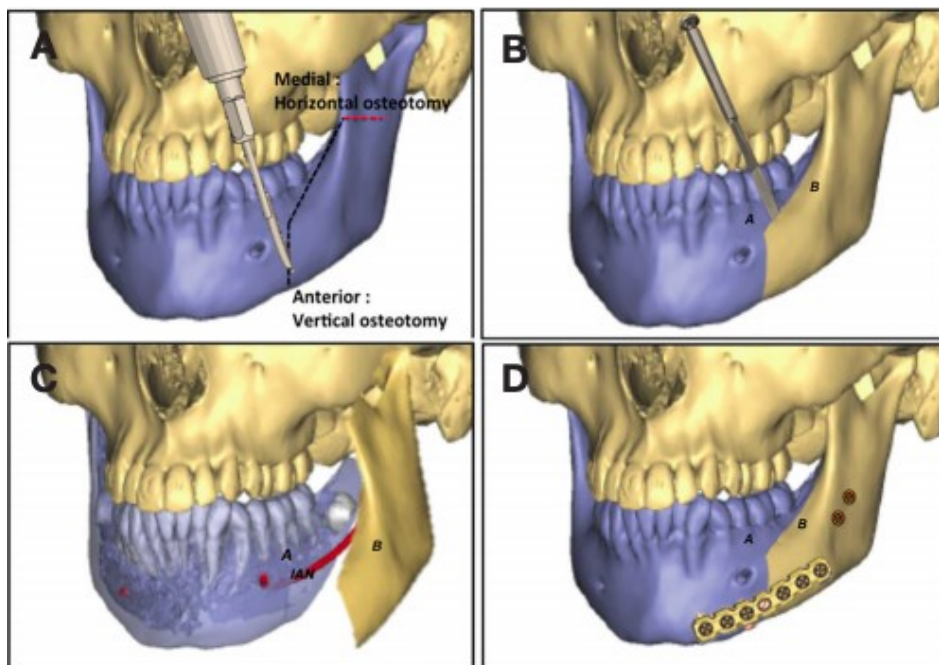


Figura 8 - Ilustração que demonstra o processo de osteotomia sagital do ramo mandibular, desde a realização dos cortes à posterior fixação após reposicionamento da mandíbula (Adaptado de Liu & Sidell et al, 2018).

3.7.1.3. Mentoplastia

Intuitivamente a função natural do mento passa despercebida, apesar disso, a sua importância para balancear e complementar a harmonia facial é fundamental. Torna-se assim um requerimento básico o estudo das suas capacidades morfológicas, o seu equilíbrio dentro da face e as maneiras de o corrigir. Através do estudo cefalométrico e do exame clínico, o cirurgião consegue realizar o diagnóstico e o elaborar o plano de tratamento necessário para efetuar as alterações necessárias do mento. Desde a sua

elaboração por Trauner e Obwegeser em 1957, esta técnica sofreu algumas alterações, embora continue presente na literatura atual e na utilização em bloco (Ferretti & Reyneke, 2016).

É definido como a alteração do tamanho e da forma da sínfise mandibular com o objetivo de corrigir deformações estéticas e funcionais, recorrendo a cirurgia maxilofacial. É um procedimento simples que apresenta resultados esteticamente favoráveis. (Pacheco & Souza & Leite & Gadelha & Azoubel & Freitas, 2010).

A técnica cirúrgica pode ser dividida em 5 passos (Ferretti & Reyneke, 2016):

- Incisão na mucosa
 - A incisão é realizada 5mm abaixo do fundo do sulco, na mucosa vestibular sendo prolongada de canino a canino (Figura 9 - 1)
 - A incisão deve ser realizada de modo a haver mucosa para a sutura
- Incisão muscular
 - A incisão é continuada até ao osso
- Descolamento do periósteo
 - O descolamento deve ser realizado com o intuito de preservar ao máximo a mucosa, evitando assim possíveis mudanças nos tecidos moles
 - O nervo mentoniano é identificado e protegido de ambos os lados (Figura 9 – 2)
- Marcação de pontos de referência (Figura 9 - 3)
 - A linha média é marcada desde o segmento superior até ao mento
 - a decisão da marcação de mais pontos de referência, sendo os principais a linha dos incisivos superiores
 - É realizada um orifício na porção inferior da linha média para permitir a inserção dos parafusos de fixação
- Realizar a osteotomia horizontal (Figura 10)
 - Dependendo do tipo de correção necessária, vários tipos de osteotomia e diferentes ângulos de inserção podem ser realizados

- Possível correção de deformidades anteriores
- Dimensão vertical do mento aumentada ou diminuída
- Dimensão transversa do mento
- Assimetria do mento

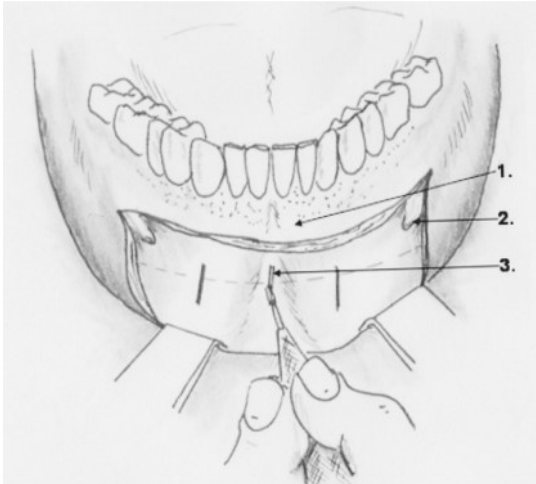


Figura 9 - A marcação das marcas de referencia (1) - Incisão na mucosa; (2) Identificação do nervo mentoniano; (3) Ponto de referencia para assistir o início da osteotomia (Adaptado de Ferretti & Reyneke, 2016).

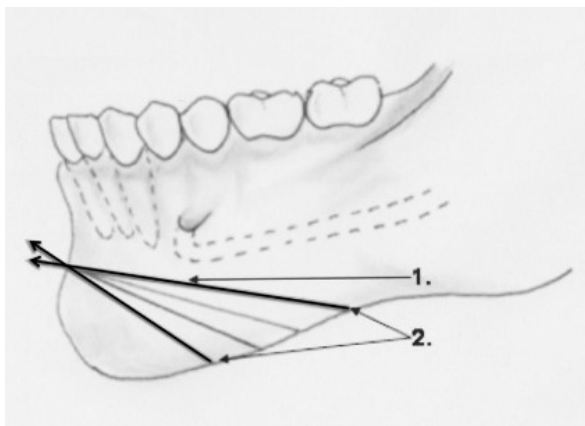


Figura 10 - Representação de osteotomia horizontal, com o objetivo de avanço do mento (Adaptado de Ferretti & Reyneke, 2016).

3.8. Simulação das mudanças nos tecidos moles

O interesse na alteração dos tecidos moles não é só inerente à cirurgia, mas também a análises fisiológicas e ao planeamento dos possíveis movimentos dos mesmos.

Com a reposição de segmentos ósseos para a correção de deformidades faciais, os tecidos moveis sofrem alterações que devem ser previstas para se alcançar um resultado estético e funcional. A compreensão do comportamento viscoelástico dos tecidos moles é um elemento muito importante na eficácia de um tratamento cirúrgico (Marchetti & Bianchi & Muyldermans & Di Martino & Lancellotti & Sarti, 2011).

Apesar das alterações dos tecidos moles acompanharem as modificações realizadas nas estruturas ósseas, os seus movimentos exatos pós osteotomias são difíceis de prever. A introdução de avanços tecnológicos no ambiente cirúrgico veio ajudar na compreensão destes movimentos, no entanto, ainda é um dos obstáculos mais complicados a resolver pelos cirurgiões e técnicos de imagem. Previamente à realização da simulação da osteotomia, são marcados pontos nos tecidos moles através de coordenadas num gráfico cartesiano. Isto irá permitir, após a realização da osteotomia virtual que esses pontos acompanhem o movimento ósseo, sofrendo movimentos de translação e rotação. Isto é tudo baseado num algoritmo presente no software de simulação, que tem em conta possíveis deformações nos tecidos e a sua projeção no espaço após a realização de tais movimentos. Estas previsões são sempre baseadas na estrutura facial de cada doente, e as possíveis preferências estéticas que este pretenda obter após a cirurgia. Posteriormente é adicionada uma camada de textura parecida à pele do doente, para se conseguir visualizar o resultado final, cabendo ao cirurgião decidir se pretende realizar modificações ou se a projeção final está de acordo com o que foi previamente planeado. O mapeamento 3D permite que o cirurgião analise detalhadamente todas as alterações efetuadas, podendo ainda isolar qualquer região que considere não estar ao nível do resultado final pretendido (Xia & H.H. & Samman & Wong & Gateno & Wang & Tideman, 2001).

Segundo Cevidanes & Tucker, (2010), diferentes tipos de métodos têm sido propostos como meios de planeamento dos movimentos de tecidos moles:

- Modelos puramente geométricos
 - Neste modelo a previsão dos tecidos moles está interligada ao movimento ósseo, sendo adicionados vetores aos tecidos duros

para prever as alterações dos tecidos moles (Schutyser & Van Cleynenbreugel & Ferrant & Schoenaers & Suetens, 2000).

- MSM (*Mass-spring models*)
 - Este modelo baseia-se na representação de cada tecido através de diferentes elementos. Sendo que cada elemento apresenta uma determinada massa, a sua adição permitirá prever possíveis alterações estruturais.
 - Este modelo apresenta falhas a nível de estabilidade e na previsão de determinadas massas de cada elemento (Teschler & Girod & Girod, 2001).
- FEM (*Finite element models*)
 - Este modelo baseia-se na representação das deformações visco elásticas através de valores numéricos.
 - Equações mecânicas são desenvolvidas para determinar as deformações apresentadas, sendo representadas geometricamente e resolvidas através do software.
 - Apesar de ser apresentado em elementos mais simples, o número de elementos necessários para obter resultados satisfatórios é elevado, demorando tempo e gastos elevados (Schendel & Montgomery, 2009).
- MTM (*Mass tensor model*)
 - Uma mistura entre os modelos FEM e MSM
 - Utiliza a base mecânica do modelo FEM e a estrutura anatómica e de volume do modelo MSM (Molemans & Schutyser & Nadjmi & Maes & Seutens, 2007).

Apesar das diferentes técnicas, nenhuma ainda é descrita como a mais eficaz ou mais usada. Com o avanço tecnológico e o constante desejo de evolução certamente irão ser descobertos novos métodos mais eficazes e funcionais que serão implementados prática comum (Cevidanes & Tucker, 2010).

3.9. Guias Cirúrgicas

Após a realização do planeamento virtual e das simulações é necessário a confeção de guias cirúrgicas, fabricadas unicamente para cada doente que irão ajudar o cirurgião durante o procedimento cirúrgico. Estas são desenhadas virtualmente no software (figura 11) e podem ser fabricadas através de impressoras 3D. O sistema CAD-CAM é muitas vezes empregue para a confeção das guias. O fabrico das mesmas através do sistema CAD-CAM tem como vantagens o fato de serem realizadas diretamente do design virtual, não sendo necessário o uso de modelos de gesso e também uma melhor eficácia no seguimento do plano cirúrgico, visto que é diretamente construída a partir do plano virtual. Este ponto é especialmente útil em casos onde seja necessário executar movimentos de elevação, rotação e translação da mandíbula (Swennen & Mollemans *et al*,2009).

Apesar das suas vantagens, a utilização de guias cirúrgicas fabricadas através do sistema CAD-CAM apresenta os seus desafios. Em primeiro lugar: o material usado para a confeção das mesmas tem de ser aprovado medicamente; muitas vezes as guias apresentam material em excesso e têm de ser ajustadas pelo cirurgião, algo que demora tempo e pode levar a erros, apesar de ser algo que possa vir a ser melhorado com o aperfeiçoamento tecnológico; o processo de fabrico das guias por impressões 3D ainda é demorado, algo que também irá ser aperfeiçoada no futuro (Swennen & Mollemans *et al*,2009).

Dependendo do tipo de cirurgia a ser realizado, diferentes tipos de guias reposicionais podem ser usados. Quando a cirurgia a realizar envolve tanto o maxilar como a mandíbula, guias reposicionais têm de ser utilizados visto que é imperativo o posicionamento das peças anatómicas estar correto. Para tal, são utilizadas guias cirúrgicas intermédias, que ajudam na fixação do posicionamento ósseo durante a cirurgia, para que não existam alterações durante o procedimento. A instabilidade mandibular pode interferir com o posicionamento maxilar, levando a alterações do plano pré - definido. Estas guias intermédias podem ser fabricadas através da tecnologia CAD-CAM e apresentam resultados positivos para obter uma melhor eficácia cirúrgica (Lin & Lo, 2015).

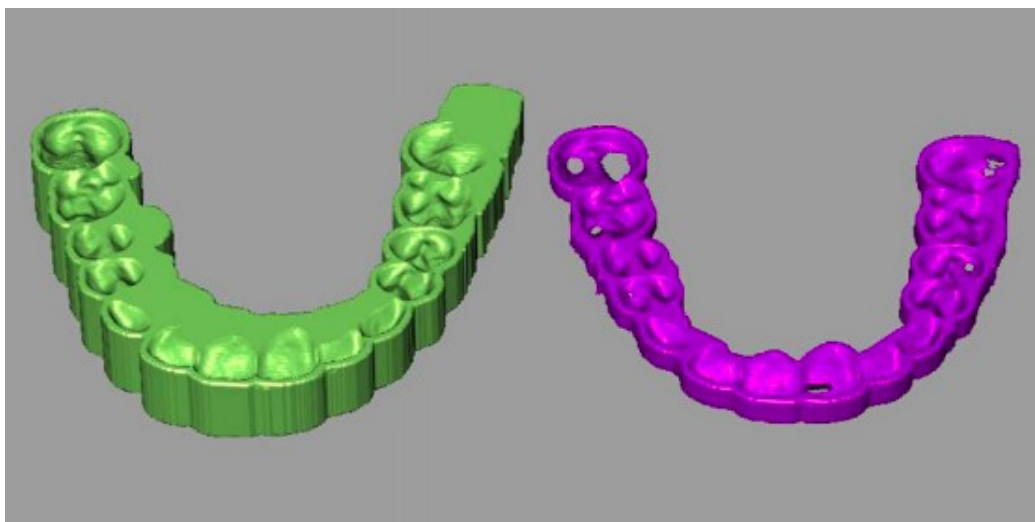


Figura 11 - Guias cirúrgicas intermédias e finais 3D. (Maxilim, versão 2.2,2 Medicim NV, Mechelen, Belgium) (Adaptado de Swennen & Mollemans et al,2009).

3.10. Navegação intraoperatória

Em procedimentos corretivos, alcançar o alinhamento ósseo é difícil, visto que muitas vezes são realizados com pouca visibilidade, devido ao edema, sangue e outros fatores intraoperatórios. Para contornar tais dificuldades operatórias, são usados marcadores que indicam o correto posicionamento das peças anatómicas, nomeadamente nos dentes incisivos centrais superiores, caninos e primeiros molares superiores. Com o sistema de navegação, cada segmento pode ser reposicionado e estabilizado de maneira exata comparando o demonstrado no ecrã que acompanha a cirurgia, demonstrando o planeamento e simulação previamente aprovados, com a posição alcançada no procedimento cirúrgico em si. Isto permite ao cirurgião realizar a cirurgia de maneira controlada e segura. Os segmentos ósseos são assim movimentados até alcançar as posições pré - definidas. Com as guias cirúrgicas, também é facilitado o procedimento, visto que estas são fabricadas para se adaptarem apenas num determinado posicionamento. Caso esse posicionamento não esteja correto, serve de indicação ao cirurgião que alterações necessitam ser realizadas. Após a realização do procedimento, é necessária uma vistoria completa posicional, comparando a posição intraoperatória com a posição simulada para verificar se o posicionamento está correto, as peças anatómicas estão alinhadas e fixadas (Badiali & Roncari *et al*, 2015).

Existem diferentes métodos de localização intraoperatória que são usados para acompanhar a cirurgia, cada um com as suas respectivas vantagens e desvantagens (Cevitanes & Tucker *et al*, 2010):

- Contato direto
 - O instrumento utilizado está ligado a um braço robótico que mede o posicionamento do instrumento na sua posição.
 - Um método demasiado complexo, que ocupa demasiado espaço dentro de um bloco operatório.
- Ultrassom
 - Uma combinação de três emissores de ultrassom é montada no instrumento para ser localizado.
 - A duração que a onda sónica demora a viajar entre o emissor e um microfone recetor é medida para determinar o seu posicionamento
 - Tal duração pode variar com a temperatura e o processo de calibração é delicado.
- Impulsos eletromagnéticos
 - Um campo magnético é criado através de um gerador.
 - São montados recetores para determinar a localização exata do instrumento.
 - Elementos de metal podem interferir com o campo e com a localização determinada, tornando assim um método falível
- Radiação infravermelha
 - A localização é determinada através de camaras montadas que emitem e captam a radiação.
 - A localização é determinada através da combinação de 3 pontos para ser o mais exato possível.

3.11. Avaliação pós - operatória

Após a realização da cirurgia é necessária uma avaliação da mesma, para determinar se o resultado obtido foi o pretendido e semelhante à simulação virtual. Segundo Swennen & Mollemans, 2009 o processo de avaliação deve ser feito em 3 passos, todos por análise de CBCTs. O primeiro deve ser realizado 3 a 6 semanas após a cirurgia para avaliar a eficácia da reposição dos segmentos ósseos. Devido ao edema causado pela cirurgia, a realização de CBCT mais cedo não é aconselhado visto que pode influenciar os resultados obtidos. O segundo CBCT deve ser realizado entre 6 meses a 1 ano após a realização da cirurgia para avaliar os tecidos moles e comparar o seu posicionamento com os resultados obtidos na simulação dos mesmos. Por fim, é realizado um novo CBCT 2 anos após a cirurgia para se avaliar o estado da situação e possíveis tratamentos a longo prazo.

O sucesso de tratamento de cirurgia maxilofacial não é só avaliado pelo cirurgião e pelo doente, mas também por todos que interajam com este. O efeito da cirurgia ultrapassa o mero objetivo de correção cefalométrica e facial de algum defeito ou maloclusão. Existe uma mudança acrescida no doente, não só na sua personalidade, mas também nas suas emoções e traços. Uma melhoria na vida é um dos grandes objetivos da realização deste tipo de tratamentos e a receptividade que as pessoas à sua volta demonstram, influencia a opinião do doente sobre o resultado final, não só de maneira funcional, mas também estética (Naran & Steinbacher *et al*, 2018).

4. Avaliação da eficácia cirúrgica após planeamento virtual

Para de facto se transitar de um planeamento 2D com o recurso a modelos de gesso para um planeamento virtual cirúrgico a 3D, é necessário que este apresente resultados concretos, que de facto se consegue obter melhores soluções usando este método. Um estudo realizado por Zhang & Liu & Hu & Hu & Zhu & Li, 2016 com o objetivo de determinar a eficácia de cirurgia maxilofacial usando planeamento cirúrgico virtual 3D, onde 30 doentes foram submetidos a uma intervenção bimaxilar com o apoio de planeamento virtual 3D e a sua eficácia foi avaliada. Os resultados obtidos foram muito favoráveis, tendo os autores concluído que o planeamento realizado virtualmente foi o correto e que todos os doentes se revelaram satisfeitos com as proporções faciais estéticas alcançadas. Foi possível alcançar resultados precisos, com desvios médios abaixo de 1mm tanto para a maxila (0,71mm) como para a mandíbula (0,91mm) e desvios angulares médios menores que 1 grau (0,95°). No estudo foi delimitado como sucesso um desvio médio de 2mm e um desvio angular médio de 4 graus, estando os resultados obtidos abaixo das previsões médias, apresentando assim uma precisão cirúrgica notável.

Outro estudo realizado por Zavattero & Romano & Gerbino & Rossi & Gianni & Ramieri & Baj, 2019 onde 17 doentes de várias idades (entre 17-45) e ambos os sexos foram submetidos a cirurgia maxilofacial utilizando um planeamento cirúrgico virtual 3D. Foram definidos como critérios de sucesso a existência de discrepância média inferior a 1mm. Através de um algoritmo foi analisada a precisão da cirurgia realizada com o planeamento virtual e os resultados demonstraram que em 12 dos 17 indivíduos presentes no estudo apresentavam desvios inferiores a 1mm e 5 dos 17 doentes apresentaram desvios inferiores a 2mm. Apesar de existirem 5 indivíduos com resultados superiores a 1mm, os autores concluíram que o estudo foi um sucesso e com o desenvolver tecnológico esse desvio médio irá cada vez mais ser menor.

Apesar de ainda existirem algumas discrepâncias apresentadas, o panorama do planeamento virtual cirúrgico 3D apenas irá melhorar com o avanço tecnológico. Apesar de serem necessários mais estudos para determinar a precisão exata obtida a partir deste tipo de planeamento, é consenso comum que diferenças inferiores a 2mm nos desvios médios não apresentam resultados clínicos significativos(Zavattero & Romano *et al*, 2019). Assim sendo, o sucesso de uma cirurgia pode ser determinado não só pelo

resultado obtido estética e funcionalmente mas também ao nível da precisão através de desvios médios inferiores a 2mm. Apesar de estar bem aceite na comunidade científica, a falta de artigos a comparar a eficácia do resultado obtido por cirúrgica planeada através de métodos convencionais com os resultados obtidos através do planeamento virtual 3D impedem que o planeamento virtual seja considerado melhor e mais usado (Tucker & Cevidanes & Styner & Kim & Reyes & Proffit & Turvey, 2010 ; Zavattero & Romano *et al*, 2019).

5. Vantagens e Desvantagens do planeamento cirúrgico virtual 3D

Aquando no planeamento virtual, o cirurgião consegue visualizar as arcadas dentárias, os tecidos duros e os tecidos moles. A perceção de deformações faciais e dentárias é simples, passando muitas vezes despercebidas em análises cefalométricas a 2D. Em casos complexos em que a curva de *Spee* e de *Wilson* não seja formada, o software permite a sua criação para assim se poder prever o plano oclusal, e assim, de maneira mais precisa se corrigir a maloclusão. As vantagens que este tipo de planeamento oferece relativamente aos métodos convencionais são (Stokbro & Aagaard *et al*,2014):

- Os planos de tratamento podem ser guardados *on-line* e facilmente podem ser enviados e partilhados com colegas em todo o mundo via internet.
- Oferece um método de ensino para futuros médicos, cirurgiões e ortodontistas.
- Permite a comparação de casos com todo o mundo, comparando os resultados obtidos e um estudo aprofundado de casos mais complexos e raros.
- Pode diminuir o tempo cirúrgico, o tempo de planeamento e reduzir o número de complicações pré, intra, e pós-operatórias.
- A facilidade com o que planeamento é realizado, sendo também mais completo.
- Apresenta resultados precisos e eficazes.

Apesar de apresentar vantagens em relação aos métodos convencionais, para se tornar no método mais utilizado e mais comum ainda necessitam existir mudanças no meio do planeamento cirúrgico. Segundo Swennen & Mollemans *et al*, 2009 para tal acontecer, uma melhor compreensão do uso dos softwares de planeamento tem de existir; todo o processo do planeamento e transição para o processo cirúrgico tem de ser melhorado e tornado mais eficaz, havendo ainda passos que demoram demasiado tempo; o custo dos softwares e das máquinas necessárias para a realização do planeamento virtual tem que diminuir para se tornar viável e acessível a cada vez mais instituições, clínicas e

hospitais. O desafio presente é arranjar um equilíbrio entre o custo dos *softwares* e de todo o *hardware* de obtenção de imagem e resultados apresentados com melhores níveis de precisão, eficácia e fiabilidade.

6. Planeamento virtual em implantologia

O planeamento virtual 3D não se limita apenas a cirurgias maxilofaciais mas também pode ser utilizado implantologia. Nesta área o recurso a este tipo de planeamento tem sido recorrente e tem ganho popularidade em anos recentes. A utilização de softwares de imagem tem permitido alcançar resultados mais precisos e confiáveis. O uso de planeamento virtual em implantologia baseia-se em 5 passos: O diagnóstico e estudo dos modelos de gesso, a confecção de guias radiológicas, a criação de um scan 3D do doente através do recurso ao CBCT; o planeamento virtual da colocação do implante e da sua reabilitação; e por fim a realização da cirurgia (Panchal & Mahmood & Retana & Emery, 2019).

Previamente ao planeamento virtual, é necessário um estudo aprofundado do caso, que começa com o diagnóstico e encerramento nos modelos de estudo em gesso montados em articulador bem como um registo intermaxilar, caso seja necessário no determinado doente. Este passo serve como base para o sucesso da colocação do implante. Após o diagnóstico, é necessário a confecção de guias radiológicas que são colocadas no momento de se realizar o exame 3D (CBCT). As guias radiológicas são utilizadas para a simulação dos dentes, da superfície dos tecidos moles e dos espaços edêntulos durante a digitalização por tomografia computadorizada. O desenho desta guia é de extrema importância, visto que o resultado final da reabilitação baseia-se nesta guia. No intuito de correspondência das digitalizações, são colocadas pontos de referência radiológicos tanto a vestibular como a palato/lingual a diferentes níveis do plano oclusal. É importante que durante o processo de captura de imagem que o doente esteja imóvel e com oclusão igual ao do registo intermaxilar obtido anteriormente (Greenberg, 2015).

Com a obtenção radiológica, procede-se ao planeamento virtual (figura 12). O planeamento tem como objetivo a colocação do implante na posição definida pela reabilitação final, que é alcançada pelo encerramento ou *mockup*. O *mockup* oferece informação valiosa ao nível da oclusão e da estética, permitindo a criação de guias cirúrgicas para a colocação do implante. Também serve para avaliar a necessidade de enxertos ósseos para uma melhor estabilização do mesmo. O *mockup* pode ser feito digitalmente, o que permite uma melhor eficácia e um acompanhamento mais detalhado do planeamento (Esteban & Deglow & Zubizarreta-Macho & Hernández Montero, 2020).

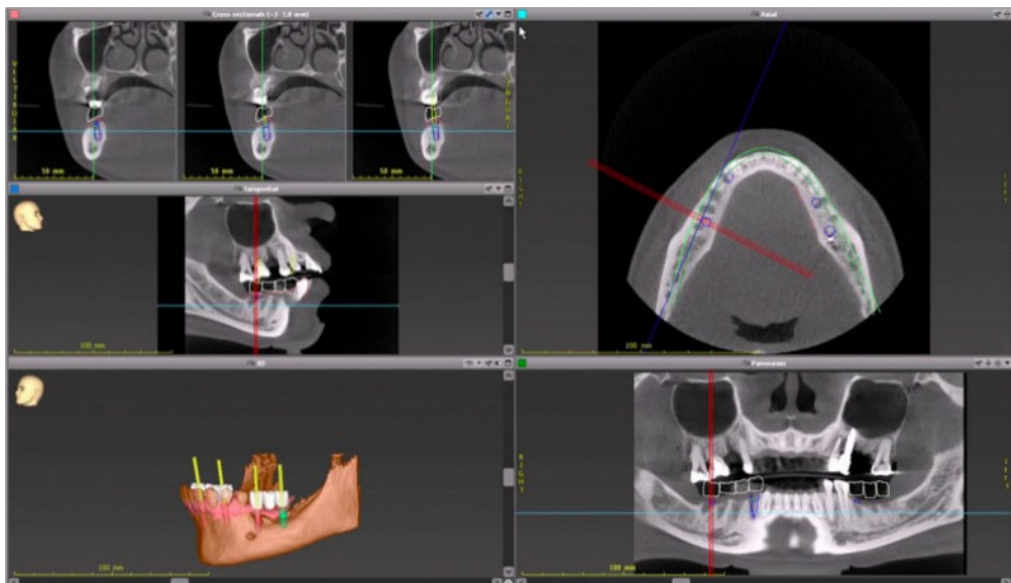


Figura 12 - Planeamento virtual de implantes, demonstrando os vários cortes e scan 3D do doente (Adaptado de D'haese & Ackhurst et al, 2016).

O posicionamento correto dos implantes apresenta vantagens ao nível da estabilidade peri-implantar, ao nível estético, funcional e em conjunto com uma boa higiene oral à longevidade do mesmo. Existem dois métodos principais para a colocação de implantes de maneira guiada através de um planeamento virtual: o método estático e o método guiado. O método estático baseia-se na utilização de guias cirúrgicas fixas que são fabricadas a partir do *mockup*, que vão indicar ao médico o lugar exato onde o implante deve ser colocado. Estas guias reproduzem o plano alcançado virtualmente, não permitindo quaisquer mudanças intraoperatórias. Estas guias podem ser fabricadas utilizando o sistema CAD-CAM. O método dinâmico, ou também referido por método de navegação, começou a ser utilizado no início do século. Este método é descrito através da utilização de um sistema de navegação intraoperatório que reproduz a localização do implante diretamente do CBCT, projetando o planeamento previamente definido e acompanhando o médico durante a colocação do implante. Estes sistemas baseiam-se em tecnologias de rastreamento de movimento, que permitem um acompanhamento em tempo real do contra-ângulo cirúrgico e da perfuração a ser realizada (D'haese & Ackhurst & Wismeijer & De Bruyn & Tahmaseb, 2016).

Apesar de ambas as técnicas serem utilizadas, são necessário mais estudos que comprovem a sua eficácia relativamente ao método tradicional, bem como qual das duas apresenta melhores resultados.

Após a colocação dos implantes, a reabilitação seja com prótese fixa sobre os mesmos, no caso de espaços edêntulos maiores, ou coroas para espaços unitários, é que vai determinar o sucesso da cirurgia. A possibilidade de uma reabilitação imediata após a colocação dos implantes apenas é alcançada devido ao correto planeamento prévio, apresentando resultados rápidos, eficazes e funcionais. O planeamento virtual permite a obtenção de tais resultados bem como satisfatórios para os doentes (D'haese & Ackhurst *et al*, 2016).

III. Conclusão

A realização desta monografia teve como principal objetivo a descrição do planeamento de cirurgias orais e maxilofaciais utilizando meios virtuais a 3D. Um método que vem a ser utilizado desde o início do novo milénio, tem ganho mais notoriedade nos últimos anos, muito devido aos avanços tecnológicos que têm decorrido, permitindo que se torne um método eficaz, preciso e fiável no panorama cirúrgico.

Apesar de todas as dificuldades associadas a este tipo de procedimentos devido à complexidade dos mesmo, os métodos convencionais por vezes podem não ser precisos o suficiente, o que permite a criação de novas opções de planeamento que possam no futuro substituir estes totalmente. A presença de estruturas anatómicas, peças dentárias, tecidos moles, nervos, veias e artérias, tornam este tipo de procedimentos arriscados, sendo a margem de erro mínima.

A introdução de uma opção que permita que esta margem de erro seja estabilizada, simplificando o processo e tornando-o em algo mais automatizado e eficaz é um objetivo da comunidade científica. O objetivo da cirurgia oral e maxilofacial é melhorar a qualidade de vida do doente, assim, a possibilidade de o realizar de maneira mais simples e melhor é uma realidade que pode e deve ser aproveitada, não só para o bem do doente como da equipa médica envolvente em todo o procedimento.

Apesar de ainda existirem algumas dúvidas sobre a utilização mais corrente deste método, é de crer que no futuro se torne o método de eleição para a realização de cada vez mais cirurgias e que se desenvolva com os constantes avanços tecnológicos.

A presença de literatura cada vez mais atual sobre o tema é importante para o seu desenvolvimento e a constante realização de estudos para comprovar a sua eficácia comparativamente aos métodos convencionais é de extrema importância para o desenvolvimento desta área.

O planeamento virtual cirúrgico 3D é o presente e o futuro na área cirúrgica, podendo apresentar cada vez mais resultados encorajadores para tornar o método mais comum e acessível a todos.

IV. Bibliografia

Badiali, G., Roncari, A., Bianchi, A., Taddei, F., Marchetti, C., & Schileo, E. (2015). Navigation in orthognathic surgery: 3D accuracy. *Facial Plastic Surgery*, 31(05), 463-473.

Bendrihem, R., Vacher, C., Fohlen, A., & Pelage, J. P. (2017). Anatomic basis of Le Fort 1 impaction osteotomy: a radiological study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 39(11), 1209-1214.

Cevidanes, L. H., Tucker, S., Styner, M., Kim, H., Chapuis, J., Reyes, M., ... & Jaskolka, M. (2010). Three-dimensional surgical simulation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138(3), 361-371.

De Vos, W., Casselman, J., & Swennen, G. R. J. (2009). Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 38(6), 609-625.

D'haese, J., Ackhurst, J., Wismeijer, D., De Bruyn, H., & Tahmaseb, A. (2017). Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontology 2000*, 73(1), 121-133.

Ed-Dhahraouy, M., Riri, H., Ezzahmouly, M., Bourzgui, F., & El Moutaoukkil, A. (2018). A new methodology for automatic detection of reference points in 3D cephalometry: A pilot study. *International orthodontics*, 16(2), 328-337.

Edwards, S. P. (2010). Computer-assisted craniomaxillofacial surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 22(1), 117-134.

Elnagar, M. H., Aronovich, S., & Kusnoto, B. (2020). Digital workflow for combined orthodontics and orthognathic Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 32(1), 1-14.

Faber, J. (2010). Benefício antecipado: uma nova abordagem para o tratamento com cirurgia ortognática que elimina o preparo ortodôntico convencional. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 15(1), 144-157.

Farrell, B. B., Franco, P. B., & Tucker, M. R. (2014). Virtual surgical planning in orthognathic surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 26(4), 459-473.

Ferretti, C., & Reyneke, J. P. (2016). Genioplasty. *Atlas of the oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 24(1), 79.

Greenberg, A. M. (2015). Digital technologies for dental implant treatment planning and guided surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 27(2), 319-340.

Hammoudeh, J. A., Howell, L. K., Boutros, S., Scott, M. A., & Urata, M. M. (2015). Current status of surgical planning for orthognathic surgery: traditional methods versus 3D surgical planning. *Plastic and reconstructive surgery Global open*, 3(2).

Hernández-Alfaro, F., & Guijarro-Martínez, R. (2014). On a definition of the appropriate timing for surgical intervention in orthognathic surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 43(7), 846-855.

Lin, H. H., & Lo, L. J. (2015). Three-dimensional computer-assisted surgical simulation and intraoperative navigation in orthognathic surgery: a literature review. *Journal of the Formosan Medical Association*, 114(4), 300-307.

Liu, S. Y. C., Sidell, D., Huon, L. K., & Torre, C. (2018). “Split to save”: Accessing mandibular lesions using sagittal split osteotomy with virtual surgical planning. *Ear, Nose & Throat Journal*, 97(3), 91-96.

Lonic, D., & Lo, L. J. (2016). Three-dimensional simulation of orthognathic surgery-surgeon’s perspective. *J Formos Med Assoc*, 115(6), 387-388.

Liu, X. J., Li, Q. Q., Zhang, Z., Li, T. T., Xie, Z., & Zhang, Y. (2016). Virtual occlusal definition for orthognathic surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 45(3), 406-411.

Marchetti, C., Bianchi, A., Muyldermans, L., Di Martino, M., Lancellotti, L., & Sarti, A. (2011). Validation of new soft tissue software in orthognathic surgery planning. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 40(1), 26-32.

- Mollemans, W., Schutyser, F., Nadjmi, N., Maes, F., & Suetens, P. (2007). Predicting soft tissue deformations for a maxillofacial surgery planning system: from computational strategies to a complete clinical validation. *Medical image analysis*, 11(3), 282-301.
- Moreira, L. M., & da Silva Leal, M. P. (2013). Planejamento virtual em Cirurgia Ortognática: uma mudança de paradigma. *Revista Brasileira de Odontologia*, 70(1), 46.
- Mulier, D., Shaheen, E., Shujaat, S., Fieuws, S., Jacobs, R., & Politis, C. (2020). How accurate is digital-assisted Le Fort I maxillary osteotomy? A three-dimensional perspective. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 49(1), 69-74.
- Nakasima A, Terajima M, Mori N, Hoshino Y, Tokumori K, Aoki Y, et al. Three-dimensional computer-generated head model reconstructed from cephalograms, facial photographs, and dental cast models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:282-92.
- Naran, S., Steinbacher, D. M., & Taylor, J. A. (2018). Current concepts in orthognathic surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 141(6), 925e-936e.
- O'Connor Esteban, M., Riad Deglow, E., Zubizarreta-Macho, Á., & Hernández Montero, S. (2020). Influence of the Digital Mock-Up and Experience on the Ability to Determine the Prosthetically Correct Dental Implant Position during Digital Planning: An In Vitro Study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(1), 48.
- Pacheco, M. A., Souza, R. M., Leite, L. R., Gadelha, I. M. L., Azoubel, E., & Freitas, A. C. (2010). Mentoplasty: planning and surgical techniques. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial*, 10(3), 045-050.
- Panchal, N., Mahmood, L., Retana, A., & Emery, R. (2019). Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 31(4), 539-547.
- Park, N., & Posnick, J. C. (2013). Accuracy of analytic model planning in bimaxillary surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(7), 807-813.
- Perez, D., & Ellis, E. (2011). Sequencing bimaxillary surgery: mandible first. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 69(8), 2217-2224.

Rosen, H. M. (2017). Evolution of a surgical philosophy in orthognathic surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 139(4), 978-990.

Santos, R., Sebastiani, A. M., Todero, S. R. B., Moraes, R. S. D., Costa, D. J. D., Rebelatto, N. L. B., & Müller, P. R. (2012). Complications associated with sagittal split osteotomy of the mandibular rami. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-facial*, 12(1), 77-84.

Schendel, S. A., & Montgomery, K. (2009). A web-based, integrated simulation system for craniofacial surgical planning. *Plastic and reconstructive surgery*, 123(3), 1099-1106.

Schutyser, F., Van Cleynenbreugel, J., Ferrant, M., Schoenaers, J., & Suetens, P. (2000, October). Image-based 3D planning of maxillofacial distraction procedures including soft tissue implications. In *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (pp. 999-1007). Springer, Berlin, Heidelberg.

Shafi, M. I., Ayoub, A., Ju, X., & Khambay, B. (2013). The accuracy of three-dimensional prediction planning for the surgical correction of facial deformities using Maxilim. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 42(7), 801-806.

Shaheen, E., Shujaat, S., Saeed, T., Jacobs, R., & Politis, C. (2019). Three-dimensional planning accuracy and follow-up protocol in orthognathic surgery: a validation study. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 48(1), 71-76.

Shenag, D. S., & Matros, E. (2018). Virtual planning and navigational technology in reconstructive surgery. *Journal of Surgical Oncology*, 118(5), 845-852.

Smithers, F. A., Cheng, K., Jayaram, R., Mukherjee, P., & Clark, J. R. (2018). Maxillofacial reconstruction using in-house virtual surgical planning. *ANZ journal of surgery*, 88(9), 907-912.

Steinbacher, D. M. (2015). Three-dimensional analysis and surgical planning in craniomaxillofacial surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 73(12), S40-S56.

Stokbro, K., Aagaard, E., Torkov, P., Bell, R. B., & Thygesen, T. (2014). Virtual planning in orthognathic surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 43(8), 957-965.

Swennen, G. R., Mollemans, W., & Schutyser, F. (2009). Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 67(10), 2080-2092.

Swennen, G. R., & Schutyser, F. (2006). Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130(3), 410-416.

Terajima, M., Nakasima, A., Aoki, Y., Goto, T. K., Tokumori, K., Mori, N., & Hoshino, Y. (2009). A 3-dimensional method for analyzing the morphology of patients with maxillofacial deformities. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 136(6), 857-867.

Teschner, M., Girod, S., & Girod, B. (2001). 3-D simulation of craniofacial surgical procedures. *Studies in health technology and informatics*, 81, 502-508.

Tucker, S., Cevidanes, L. H. S., Styner, M., Kim, H., Reyes, M., Proffit, W., & Turvey, T. (2010). Comparison of actual surgical outcomes and 3-dimensional surgical simulations. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 68(10), 2412-2421.

Turvey, T. A., Fonseca, R. J., & Marciani, R. D. (2009). *Oral and Maxillofacial Surgery - III* (Second edi). Saunders, Elsevier.

Wang, R. H., Ho, C. T., Lin, H. H., & Lo, L. J. (2020). Three-dimensional cephalometry for orthognathic planning: Normative data and analyses. *Journal of the Formosan Medical Association*, 119(1), 191-203.

Whitesides, L. M., Aslam-Pervez, N., & Warburton, G. (2015). Cone-beam computed tomography education and exposure in oral and maxillofacial surgery training programs in the United States. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 73(3), 522-528.

Xia, J., Ip, H. H. S., Samman, N., Wong, H. T., Gateno, J., Wang, D., ... & Tideman, H. (2001). Three-dimensional virtual-reality surgical planning and soft-tissue prediction for orthognathic surgery. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 5(2), 97-107.

Yang, L., Xiao, Y. D., Liang, Y. J., Wang, X., Li, J. Y., & Liao, G. Q. (2017). Does the surgery-first approach produce better outcomes in orthognathic surgery? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 75(11), 2422-2429.

Zavattero, E., Romano, M., Gerbino, G., Rossi, D. S., Gianni, A. B., Ramieri, G., & Baj, A. (2019). Evaluation of the accuracy of virtual planning in orthognathic surgery: a morphometric study. *Journal of Craniofacial Surgery*, 30(4), 1214-1220.

Zhang, N., Liu, S., Hu, Z., Hu, J., Zhu, S., & Li, Y. (2016). Accuracy of virtual surgical planning in two-jaw orthognathic surgery: comparison of planned and actual results. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 122(2), 143-151.